Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 19 (1928)
Heft: 14

Artikel: Hochspannungs-Gleichrichter für Elektrokultur
Autor: Jaccard, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057037

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Hochspannungs-Gleichrichter für Elektrokultur.

Von *P. Jaccard,* Prof. an der E. T. H., mit Werner Oswald, stud. ing. agr.

621.313.7:630

Der Autor beschreibt einen transportablen und billigen Apparat, der erlaubt, von jeder elektrischen Lichtleitung einen gleichgerichteten Strom von 2000 Volt zu erhalten; dieser wird mittels galvanisierter Eisendrähte über Kulturpflanzen geleitet, um ihren Ertrag zu steigern. Er vergleicht darauf die praktischen und ökonomischen Vorteile der neuen Einrichtung mit denjenigen Elektrokulturverfahren, die bis jetzt im Gebrauche waren.

L'auteur décrit un appareil transportable et peu couteux permettant d'obtenir, à partir d'une prise de lumière, une courant redressé de 2000 volts que l'on conduit au-dessus des cultures en vue d'augmenter leur rendement. Il expose les avantages pratiques et économiques de ce dispositif, comparé aux installations d'électroculture en usage jusqu'ici.

Seit den Untersuchungen *Lemströms* [1]), die als Beginn des wissenschaftlichen Studiums der Elektrokultur bezeichnet werden müssen, hat man in den verschiedensten Ländern versucht, durch künstliches Elektrisieren der Kulturen die Ernten zu steigern, ganz besonders in England, wo vom Landwirtschafts-Ministerium zu diesem Zwecke eine besondere Kommission ernannt worden ist.[2]) Obwohl sehr ermutigende Ergebnisse erzielt worden sind, ist es bis jetzt noch nicht gelungen, die Elektrokultur für Feldversuche praktisch und wirtschaftlich auszubauen. In einer jüngst erschienenen Arbeit [3]) habe ich eine kurze Uebersicht der geschichtlichen Entwicklung der Elektrokultur gegeben und zusammengestellt, was bis jetzt erreicht worden ist, was man noch erwarten kann, unter welchen Umständen das Verfahren wirtschaftlich vorteilhaft wird und welche Probleme noch gelöst werden müssen, um die erzielten Effekte wissenschaftlich zu erklären und eine *Theorie der Elektrokultur,* die heute noch fehlt, zu schaffen. Der beschleunigende Einfluss des Elektrisierens auf das Wachstum, sowie die Steigerung der Ernteerträge, ist heute eine gut erwiesene Tatsache; man nimmt im allgemeinen an, dass diese Effekte auf die Ionisation der Luft zurückzuführen seien. Vor allem wichtig ist die sichere Feststellung, dass Wachstums- und Erntesteigerung in keinem Verhältnis stehen zu den äusserst geringen Energiemengen, die den Pflanzen durch das Elektrisieren zugeführt werden. Es handelt sich daher wohl vor allem um eine Art Reizwirkung, denn der elektrische Strom, der die Pflanzen durchströmt, ist beinahe unmessbar klein; er kann nur elektrotechnisch bestimmt werden und dürfte kaum mehr als 10 ÷ 13 Ampère pro m^3 Kulturfläche betragen.

Wissenschaftlich muss ein ganzer Fragenkomplex gelöst werden: Der Einfluss des Elektrisierens auf Atmung, Assimilation und Transpiration der oberirdischen Organe, auf Verholzung und Wassergehalt der Gewebe, auf Blüten-Bildung und Reservestoff-Produktion, sowie gegebenenfalls auf Blüte- und Reife-Zeit. Auch sind wir schlecht unterrichtet über die Einwirkung des Verfahrens auf die Bakterienflora und die kolloiden Eigenschaften des Bodens; wir erwarten von im Gange befindlichen Versuchen einige Aufklärung über diese Punkte.

Ganz anderer Natur ist das Problem der Elektrokultur in ökonomischer Hinsicht, denn den Landwirt interessiert vor allem die Frage der Rentabilität, d. h. das Verhältnis des Mehrertrages zu den Kosten für Installation, Stromverbrauch und Wartung der Apparate.

---

[1]) Lemström S., Erhöhung der Ernteerträge aller Kulturpflanzen durch elektrische Behandlung. Deutsche Uebersetzung W. Junk, Berlin 1902.

[2]) Zusammenfassung der verschiedenen Methoden und ihrer Ergebnisse in „The Journal of the Ministry of Agriculture" Electro-Culture Work, London.

[3]) Jaccard P. Que pouvons nous attendre de l'électroculture? Bull. Soc. vaud. sc. nat. Lausanne, Vol. 56, p. 333–354 (1927) und:

Was können wir von der Elektrokultur erwarten? Schweiz. Landw. Monatshefte Bern 1927, Heft 6, Seite 156–162.

Siehe auch Bulletin S. E.V., Jahrgang 1913, Seite 197–216: Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch Ionisierung der Luft, von Max Breslauer, Berlin, mit Diskussion des Problems.

Die Apparate und Versuchsanordnungen, die bis jetzt verwendet worden sind, konnten in dieser Hinsicht nicht genügen, da ihre Einrichtung und Anwendung kompliziert und je nach dem Preis der Energie ziemlich kostspielig waren.

Um die Elektrokultur praktisch anwendbar zu gestalten, handelt es sich daher vor allem darum, eine einfache und billige Apparatur zu schaffen. Nach verschiedenen Vorversuchen mit kleinen in Serie geschalteten Akkumulatoren, welches System ich wieder verlassen habe, glaube ich dank der Mitarbeit eines meiner Schüler der landwirtschaftlichen Schule der E. T. H., Herrn *Werner Oswald,* in der Richtung der praktischen und ökonomischen Seite des Problems einen wichtigen Schritt getan zu haben. Herr Oswald hat einen transportablen, relativ einfachen und wenig kostspieligen Apparat gebaut, der leicht gehandhabt werden kann; mit Hilfe eines Steckkontaktes kann er überall, wo elektrische Leitungen bestehen, d. h. fast in unserem ganzen Lande, an das Lichtnetz angeschlossen werden.

Es handelt sich um einen Stromgleichrichter, der mit einem Transformator verbunden ist; wir bezeichnen ihn als «*Hochspannungs-Gleichrichter für Elektrokultur*». Er erlaubt eine Spannung bis zu 2000 Volt zu erzeugen und kann mit Hilfe der im folgenden beschriebenen Einrichtung sowohl hochgespannten Gleichstrom sowie auch Wechselstrom liefern. Der Eigenstromverbrauch des Apparates ist äusserst gering; auch wird es wohl möglich sein, von den Elektrizitätswerken Strompreise zu reduzierten Ansätzen zu erhalten, um so mehr, da es sich um einen Stromverbrauch während des Tages im Sommer handelt, also zur Zeit geringster Stromnachfrage.

Wir verdanken Herrn Werner Oswald die nachstehende Beschreibung des oben genannten Gleichrichters, sowie die diesbezüglichen theoretischen Erklärungen.

Gleichrichteranlage zur Erzeugung hochgespannten Gleichstromes als Betriebsspannung für Elektrokulturen.

a) Leitgedanken. Bei der Wahl der Betriebsapparatur waren vor allem 3 Punkte wegleitend:

1. Der Apparat soll wissenschaftlichen Versuchen genügen. Dies bedingt, dass er bei den verschiedensten äusseren Bedingungen konstant arbeitet. Die feinsten Messungen müssen mit ihm durchgeführt werden können. Dadurch werden bei den Versuchen lästige Nebenfaktoren ausgeschaltet. Die Ergebnisse sollen gestatten, eindeutige Schlussfolgerung zu ziehen.
2. Die Versuche besitzen aber nicht nur rein wissenschaftliches Interesse, sondern sie sollen daneben auch als Wegleitung dienen, um die Elektrizität als Förderungsfaktor in die Landwirtschaft einzuführen. Um die nötigen Voraussetzungen zu schaffen, muss der Apparat und die Anwendungsmethode ökonomisch arbeiten und die Bedienung dem Laien überlassen werden können.
3. Die Anlagekosten dürfen seiner Anwendung nicht hinderlich sein.

b) Wahl des Apparates und seine Arbeitsweise. Die Energietransformation erfolgt nach einer neuzeitlichen Methode. Da die elektrische Energie zur Hauptsache nur zur Erzeugung und Unterhaltung eines Feldes gebraucht wird, wird jede Apparatur, die mit grossem innern Energieaufwand arbeitet, die Wirtschaftlichkeit entscheidend beeinflussen. Ich nenne hier den relativ grossen Energieverbrauch aller rotierenden Umformer, auch das Laden von Akkumulatorenbatterien mit verhältnismässig grossen Anlage- und Amortisationskosten. Alle diese Systeme verbrauchen ein vielfaches der hier zur Nutzanwendung gelangenden elektrischen Energie zur Ueberwindung von Reibungswiderständen und andern ins Gewicht fallenden Verlusten elektrischer Natur. Verzinsung der grossen Anlagekosten, Unterhaltungs- und Wartespesen sind von entscheidendem Einfluss bei der Rentabilitätsberechnung.

Unsere Wahl fiel auf einen Glühkathodengleichrichter. Seine Arbeitsweise sei kurz skizziert.

Die Träger der Elektrizität sind die frei im Kristallgitter des Leiters umherwandernden Elektronen mit der Ladung $\varepsilon = 4{,}774 \cdot 10^{-10}$ e. st. E. Bei gewöhnlicher

Temperatur können die Elektronen den Leiter nicht verlassen, da sie bei ihrer geringen Geschwindigkeit durch die Influenzwirkung immer wieder zum Leiter zurückgezogen werden. Wird nun ein starker Strom durch ein Leiterstück geschickt, so tritt ein zweifacher Vorgang ein. Die Elektronen als Träger der elektrischen Energie geben diese zum Teil den Atomen ab, die dadurch in stärkere Schwingungen geraten und sie in Wärme umwandeln. Der Leitungswiderstand nimmt zu und der Leiter beginnt zu glühen. Die Elektronen ihrerseits, die ja nur den 1840sten Teil des Atomgewichtes des Wasserstoffs besitzen, können wir mit einem Gas vergleichen, welches im Metall eingeschlossen ist. Ihre Stösse werden lebhafter, durchdringen häufiger die Oberfläche und werden weiter vom Leiter fortgeschleudert. Um den Glühdraht herum bildet sich eine Elektronenwolke, Raumladung genannt. Dieser

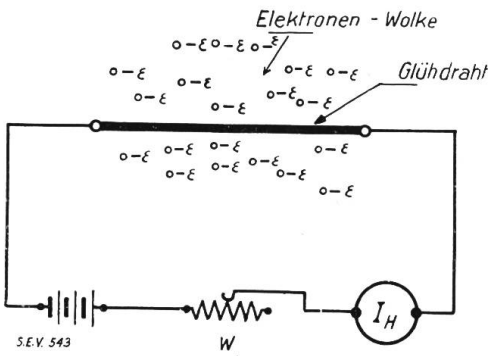

Fig. 1.

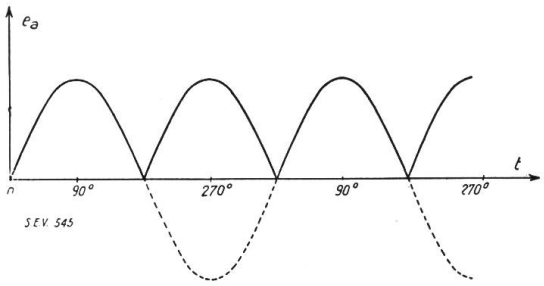

Fig. 3.

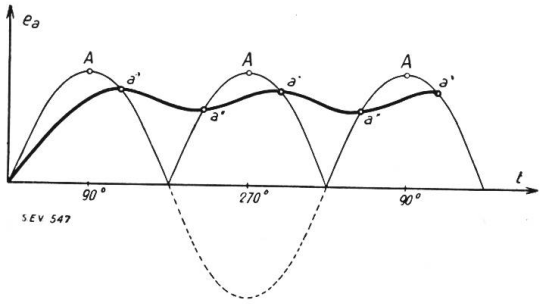

Fig. 5.

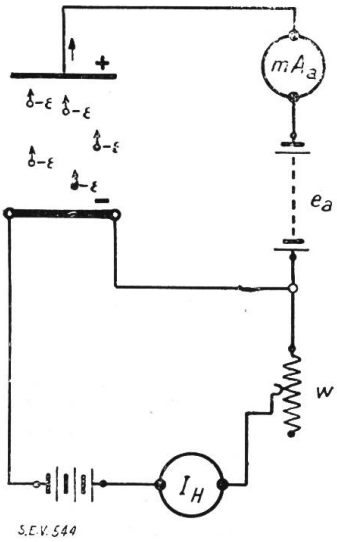

Fig. 2.

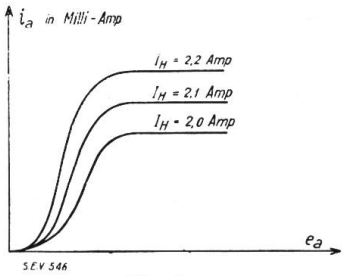

Fig. 4.

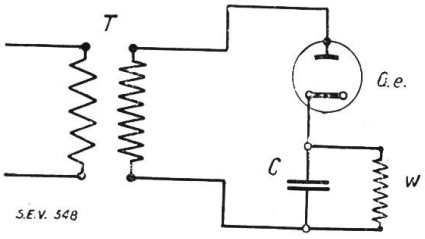

Fig. 6.

Vorgang wird als Verdampfen von Elektronen bezeichnet. (Fig. 1.) Die Menge der verdampfenden Elektronen hängt von der Temperatur des Glühdrahtes ab. Diese wird durch einen sich im Heizstromkreis befindenden, veränderlichen Widerstand reguliert und zweckmässigerweise durch ein Amperemeter kontrolliert. Legen wir nun an den Glühdraht als Kathode und an eine metallische Platte als Anode einen Stromkreis, so fliegen die Elektronen in dem Potentialgefälle von der Kathode zur Anode. (Fig. 2.) Ist die Spannung konstant, so wächst der durchfliessende Strom i_a mit der Glühdrahttemperatur, die durch den Heizstrom I_H reguliert wird. Diese Regulierbarkeit gestattet eine sehr ökonomische Handhabung des Apparates. Diese Abhängigkeit der Stromamplitude sei durch Fig. 3 dargestellt. Die Betriebsart einer Glühkathodenröhre lässt ohne weiteres die Gleichrichterwirkung einer solchen Röhre erkennen. Die Netzspannung, im vorliegenden Fall 110 Volt Wechselstrom, wird durch einen Transformator auf 2200 Volt gespannt. Die Frequenz beträgt

50 Perioden pro Sekunde. Bei Benützung nur einer Röhre würde nur der Stromimpuls ausgenützt, der mit negativem Vorzeichen an der Kathode liegt. Damit jedoch beide Stromimpulse einer Periode ausgenützt werden, wird der zweite umgekehrt und dem vorhergehenden nachgeschickt. So entsteht ein pulsierender Gleichstrom mit voller Stromausnützung. (Fig. 4.) Dieser reine pulsierende Gleichstrom besitzt die Eigenschaft, 100 mal in der Sekunde das Potentialgefälle von 0 – 2000 Volt zu durchlaufen. Dieses Wechselfeld mit gleichem Vorzeichen muss ausgeglättet werden, so dass die Spannung in Funktion der Zeit, dem Idealfalle möglichst nahe kommt, d. h. konstant bleibt. Dies wird vor allem erreicht durch Einschalten von Kondensatoren parallel zum elektrischen Feld. (Fig. 5.) Während der Dauer der Spannungszunahme ladet sich der Kondensator C (Fig. 6) auf und erreicht in a', dem Schnittpunkt mit der Spannungskurve des Transformators, seinen höchsten Wert. Jetzt möchte sich der Kondensator durch die Röhre entladen, doch hier kommt ihre Ventilwirkung zur Geltung. Eine Entladung des Kondensators ist nur durch das Feld möglich und hat zur Folge, dass die über ihm liegende Spannung sinkt (Fig. 6, Feld als hochohmiger Widerstand W angegeben). Die Entladung beginnt in a' und dauert bis zu dem Moment, wo das wieder ansteigende Potential des Transformatorstromes und der über dem Kondensator liegenden Spannung den gleichen Wert erreichen, in a''. Die Amplitudenschwankung wird um so geringer, je grösser C bei konstantem i_a gewählt wird. Bei dem geringen Stromverbrauch wird die Schwankung sehr gering.

c) *Technische Durchführung.* Der Kerntransformator, konstruiert für Dauerbetrieb, besitzt neben einer Sekundärwicklung für die Hochspannung eine zweite zur Entnahme des Heizstromes. Dies hat den Vorteil, die gleiche Stromquelle für Heizung und Feld benützen zu können. Die Wechselstromheizung bietet auch noch den Vorteil, dass der Glühdraht weniger beansprucht wird. Zur Glättung des gleichgerichteten Stromes gelangt ein System von Kapazitäten C und Selbstinduktion L zur Anwendung. Zur Ueberwachung des Gleichstromes dienen Präzisions-Volt- und Milliamperemeter. Um das Bedienungspersonal oder Drittpersonen nach Schluss der Bestrahlung nicht zu gefährden, werden die Kondensatoren über einem hochohmigen Widerstand entladen. (Schaltung siehe Schema Fig. 7.) Alle Apparate

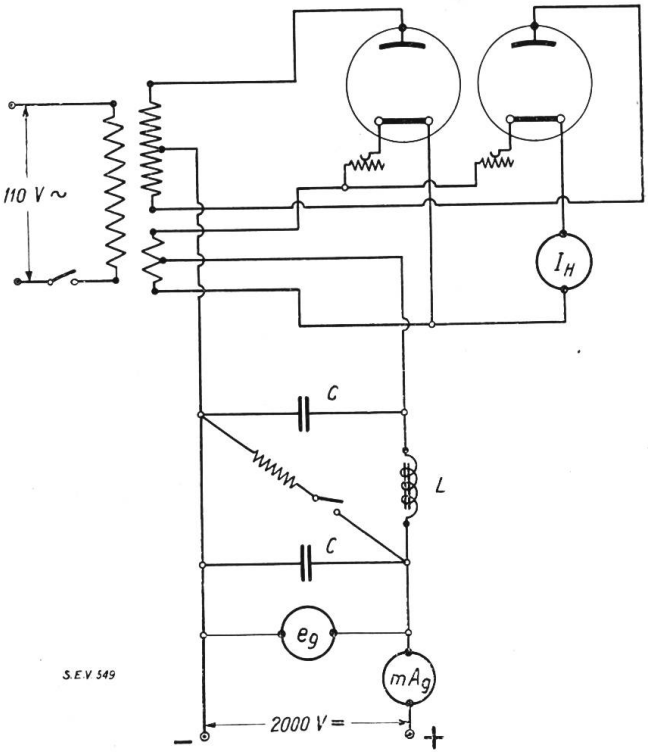

Fig. 7.

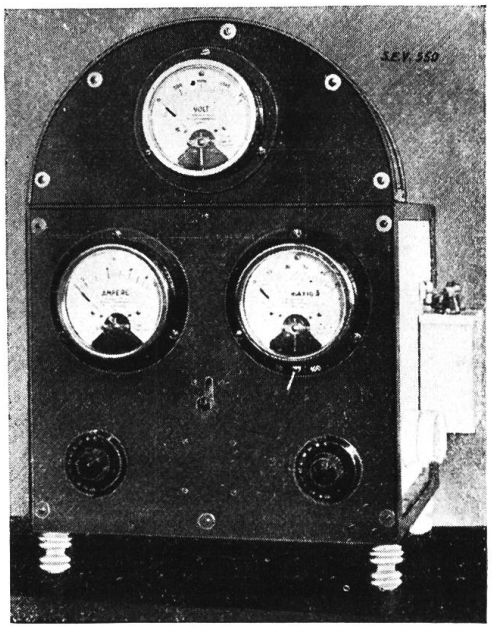

Fig. 8.

befinden sich in einem Gestell aus Eisen, das durch Eternitplatten staubfrei abgeschlossen ist. Die Frontplatte aus Hartgummi trägt die Schaltinstrumente mit den beiden Ampere- und Voltmetern. Die Stromentnahme geschieht von oben, mittelst Durchführungsisolatoren. Fig. 8 zeigt eine Ansicht des Apparates.

Anordnung des Leitungs-Netzes.

Bei den ersten Vorversuchen auf freiem Felde spannte man über den Kulturen galvanisierte Eisendrähte in 4–5 m Höhe, um die Feldarbeiten zu ermöglichen, ohne mit den Drähten in Berührung zu kommen oder durch sie irgendwie gehindert zu werden. Indem man die Drähte so hoch spannte, verminderte man notgedrungen die Einwirkung auf die Vegetation und benötigte daher sehr hohe Spannungen. Auf den Versuchsfeldern von Rothamsted verwendete man ursprünglich ungefähr 30–60000 V und darüber, was gefährlich war und hohe Unkosten verursachte.

Die Anordnung, die wir gegenwärtig benützen, besteht aus horizontal gespannten Eisendrähten von kleinem Abstande über den Kulturen. Diese Drähte sind an beiden Enden der Versuchsbeete an Pfählen befestigt, Spannschrauben gestatten, die Drähte stets straff zu halten; die Pfähle sind von 10 zu 10 cm mit Haken versehen, so dass die Drähte, in dem Masse wie die Kulturpflanzen wachsen, gehoben werden können und sich so immer ungefähr 20 cm über den Vegetationsspitzen befinden. Indem so der Abstand des Stromnetzes von den Kulturen bedeutend verringert wird, hoffen wir dasselbe Ergebnis wie bisher mit viel geringeren Spannungen zu erhalten, was für Praxis und Wirtschaftlichkeit einen beträchtlichen Vorteil bedeuten würde.

Vorversuche mit unserem Apparat im Gewächshause, vom 10. Januar bis 20. April 1928, haben bei 2000 Volt Spannung Topfkulturen von Weizen und Gerste die im nachfolgenden zusammengestellten Ergebnisse gezeitigt. Um das schwache winterliche Licht auszugleichen, wurden unsere Kulturen täglich morgens und abends etwa 2 Stunden künstlich mit einer elektrischen Lampe von 2000 Kerzen beleuchtet. Ferner wurden die Kulturen jede Woche einmal mit einem bestimmten Quantum Nährlösung begossen. Kontroll- und Versuchspflanzen wurden peinlich genau der gleichen Behandlung unterworfen. Am 20. April, also am Ende des Versuches, war die am 15. November gesäte Gerste in Blüte; der Weizen hatte noch keine Aehren gebildet.

Die folgende Tabelle enthält:

1. Das Frischgewicht der elektrisierten Pflanzen und der Kontrollen zur Zeit der Ernte, am 26. April 1928.

2. Ihr Lufttrockengewicht drei Wochen später, d. h. am 15. Mai 1928.

Die Zahlen erlauben, den Unterschied der Frischgewichte und den Wasserverlust in % zu berechnen.

Topfkulturen	gesät	Frischgewicht 25. April 1928		Mehrgewicht bei Elektr. in %	Lufttrockengewicht 15. Mai 1928		Wasserverlust in %	
		Elektr. g	Kontr. g		Elektr. g	Kontr. g	Elektr.	Kontr.
Gerste	15. 11. 27	144	133	17	33	36	77	71
Gerste	10. 1. 28	270	167	61,5	46	32	83	81
Weizen	15. 11. 27	120	111	8	30	27,5	75	75
Weizen	10. 1. 28	176	142	24	27	23	85	84

Aus diesem ersten Versuche mit unserem neuen Elektrisierapparat wollen wir vorläufig noch keine definitiven Schlüsse ziehen, da vorerst nur wenige Pflanzen in Kultur genommen werden konnten. Es darf aber hervorgehoben werden, dass die 4 elektrisierten Serien ohne Ausnahme bei gleichem Saatgewicht ein höheres Erntegewicht (Frischgewicht) lieferten als die Kontrollen: ferner ist die festgestellte

prozentuale Zunahme bei den im Januar gesäten Kulturen, die also in frühester Jugend elektrisiert worden sind, grösser als bei den Saaten vom November.

Trockengewichte und Wasserverlust stimmen nicht mit den Werten überein, die letztes Jahr mit denselben Getreidearten *zur Zeit ihrer vollständigen Reife* erzielt worden sind. Bei jenem Versuch war das Trockengewicht der elektrisierten Pflanzen durchgängig prozentual höher; bei unseren Topfkulturen dagegen, die viel *vor der Reife* geerntet worden sind, erweist sich das Ergebnis für die Gerste umgekehrt, während beim Weizen in diesem Entwicklungsstadium elektrisierte Pflanzen und Kontrollen den gleichen Wassergehalt zu besitzen scheinen.

Zum Schlusse soll noch einmal betont werden, dass wir diese Zahlen nur unter Vorbehalt geben, da wir im Begriffe sind, ihre Richtigkeit durch weitere Versuche zu prüfen.

Die Elektrizitätsindustrie an der Schweizer Mustermesse in Basel.

Vom *Generalsekretariat des S.E.V. und V.S.E.*

(08)621.3

Die diesjährige, zwölfte, Mustermesse, welche vom 14. bis 24. April 1928 stattfand, brachte abermals eine Zunahme der Ausstellerzahl gegenüber dem Vorjahre (1106 : 1054). Insbesondere verzeichnete die Elektrizitätsindustrie eine Zunahme von 14 ausstellenden Firmen.

Das allgemeine Bild, das die Mustermesse bot, wich nicht wesentlich von demjenigen früherer Messen ab. Mit Ausnahme der S.A. des Ateliers de Sécheron fehlte die Grosselektromaschinenindustrie und blieb damit ihrer Gepflogenheit, sich an der Mustermesse nicht in eigenen Ständen vertreten zu lassen, treu. Dagegen konnte man einen guten Ueberblick über die schweizerische Apparatenindustrie gewinnen, indem alle Firmen von Belang ihre Fabrikate zur Schau stellten.

Wir versuchen im folgenden einige Eindrücke von der Gruppe Elektrizitätsindustrie an der diesjährigen Mustermesse wiederzugeben, wobei wir aus begreiflichen Gründen weder alle Aussteller, noch alle ausgestellten Objekte erwähnen können. Genaue Auskunft darüber gibt der offizielle Messekatalog.

Elektrische Koch-, Heiz- und andere Wärmeapparate.

Die Wärmeanwendungen des elektrischen Stromes erlauben soviel Variationen, dass es nicht überrascht, wenn jedes Jahr deren neue auftauchen. Allerdings vermag sich jeweils nur ein kleiner Teil einzuführen, sei es aus wirtschaftlichen Gründen, sei es, weil keine zweckmässige und widerstandsfähige Konstruktion gefunden werden konnte.

In den letzten Jahren machen die Kochherdfabrikanten grosse Anstrengungen, den Grillherd und den Glührost, welche das offene Feuer ersetzen sollen, einzuführen. Letztes Jahr, und unseres Wissens auch an früheren Messen, zeigte nur eine einzige Firma den Glührost; diesmal waren es deren drei: *Kummler & Matter*, *Maxim* und *Therma*. Erstere Firma verwendet dabei ihre bekannten Glühstäbe, welche direkt an die Netzspannung angeschlossen werden; Maxim löste das Problem mit einem etwa 8 mm dicken Chromnickeldraht in Form einer liegenden, in Steingut eingebauten Spirale, und die Therma benutzt zahlreiche, von ihrem Strahler her bekannte, dünndrahtige Glühspiralen. Der Berührungsschutz wird bei den Apparaten der beiden letztern Firmen dadurch überflüssig, dass die Spannung auf ca. 10–30 Volt heruntertransformiert wird. Die Schalter sind natürlich primärseitig angebracht.

Der Glührost hat eine ideale Anheizcharakteristik, indem er in wenigen Sekunden die Betriebstemperatur erreicht. Ferner können Kochgefässe mit beliebiger Bodenform verwendet werden. Das sind zwei Vorteile gegenüber der gewöhnlichen Kochplatte, welche die Verbreitung dieser Apparate fördern werden. Dagegen dürfte der Wirkungsgrad beim Dauerkochen etwas geringer sein.